

福岡工業大学 機関リポジトリ

FITREPO

Title	TekBots®を用いたグローバルビジョンシステム
Author(s)	辻野 太郎
Citation	福岡工業大学研究論集 第43巻 第2号(通巻66号) P111-P116
Issue Date	2011-2
URI	http://hdl.handle.net/11478/287
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

Fukuoka Institute of Technology

TekBots[®] を用いたグローバルビジョンシステム

溝 口 哲 也 (大学院電気工学専攻)
 今 村 正 明 (工学部電気工学科)
 辻 野 太 郎 (工学部電気工学科)

The Global vision system for TekBots[®]

Tetuya MIZOGUCHI (Electrical Engineering, Graduate School of Engineering)

Masaaki IMAMURA (Department of Electrical Engineering)

Tarou TUZINO (Department of Electrical Engineering)

Abstract

The Department of Electrical Engineering at FIT is carrying out the curriculum named TekBots Platform for Learning (TekBots PFL) in cooperation with Oregon State University that is our partner university in the USA. We have developed the overall education system that uses the global vision system for TekBots PFL. In this paper, the development of the global vision system is reported along with the TekBots, educational program. The system that is composed by a color camera, a vision sensor, a strategy computer, and TekBots has been developed by us. It enables the analyses of the vision with color camera, and it controls TekBots. As a result, The TekBots successfully carries a ball to a target point.

Keywords: *global vision system, TekBots, microcontroller unit, image processing*

1. はじめに

近年、カメラを用いたユーザインタフェースの利用が盛んに行われている。ゲーム機などのユーザの動作を解析する手段としてや自動販売機などの顧客情報としての利用など、利用の形態も多様化しており、非常に有用な技術としてさまざまな分野において注目されている。

本研究では、本学電気工学科が米国協定工であるオレゴン州立大学との連携で実施しているカリキュラム TekBots Platform for Learning (TekBots PFL) に沿った研究題材として、ユーザインタフェースのひとつであるグローバルビジョンを用いた総合的教育システムの開発を行っている。今回、そのシステムが実験を行うことのできるレベルにまで発展したので、現在のシステムの構成と性能評価の結果を報告する。

2. システムの構成

システムの構成を図1に示す。TekBots PFL では、Atmel

社の Microcontroller Unit (MCU) 群を用いて、それらのアーキテクチャーやCプログラミングを学んでいく。それを基盤とし、無線通信などの応用技術を加えてシステムを構築する。画像処理には Linux 互換機であり独自にライブラリを持つ日立ハイコス社製 Vision Sensor IP7500EB を用い、画像情報を元に行動を決定する戦略コンピュータには IP7500EB と同種の OS である Red Hat Linux を搭載したコンピュータを用いる。これは、ソケットプログラムの様式を Linux 系に統一することが目的である。

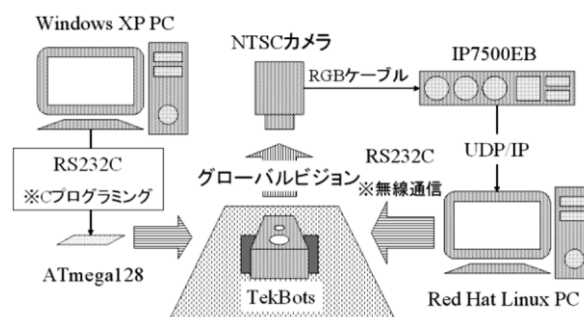


図1 システムの構成

2.1 TekBots

グローバルビジョンシステムの構築には、通信や画像処理などのソフトウェアのほかにロボットや無線通信機などのハードウェアが必須である。電子回路の作成や材料加工、無線機やセンサ系の選定や MCU との接続など、必要な技術は多岐にわたり、開発には非常に時間がかかるのが一般的である。そのような問題を解決する方法のひとつとして、本研究では TekBots PFL で使用されている教材 TekBots Base Kit を用いて、TekBots PFL の発展としてロボットの開発を行っている。

グローバルビジョンシステムへの導入に際し、以下のよう仕様の変更を行った。

(1) MCU の上位機種との換装 (ATtiny → ATmega128)

TekBots PFL で用いられる ATtiny26L 及び ATtiny861 は、外部割込み用の端子が二つしかなく USART 機能が搭載されていない。PC との無線通信や将来的に搭載するであろうセンサのためにポートの種類が豊富で同様のアーキテクチャーで構成された ATmega128 を MCU として採用した。

(2) 無線機の導入

グローバルビジョンシステムに導入するためには、戦略コンピュータとの通信は必須である。無線機には MCU と同じく Atmel 社製の Zig-100B を用いることで両立性の確保を行った。

(3) 高出力化

物の移動や高速な動作を実現するために、モータを定格 3V から定格 12V の高出力モータに変更した。また、バッテリーも 7.2V から 12V に変更し、電源回路も 12V 用に一新した。上記に伴い、汎用的な構成であった従来の電子基盤でなく、専用の小型化された新たなものを開発し搭載した。Base Kit と仕様変更後の画像を図 2, 3 に示す。

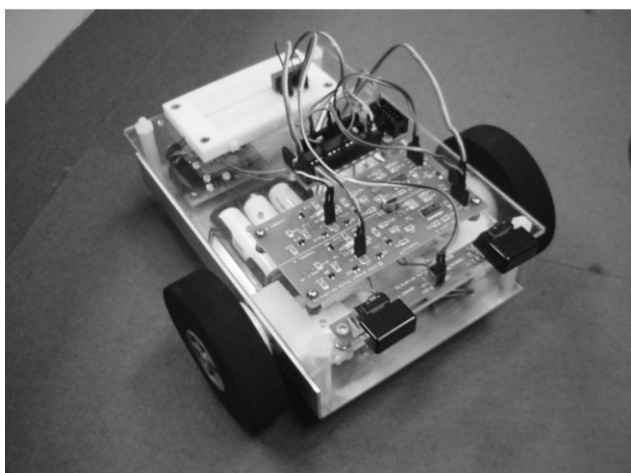


図 2 TekBots Base Kit

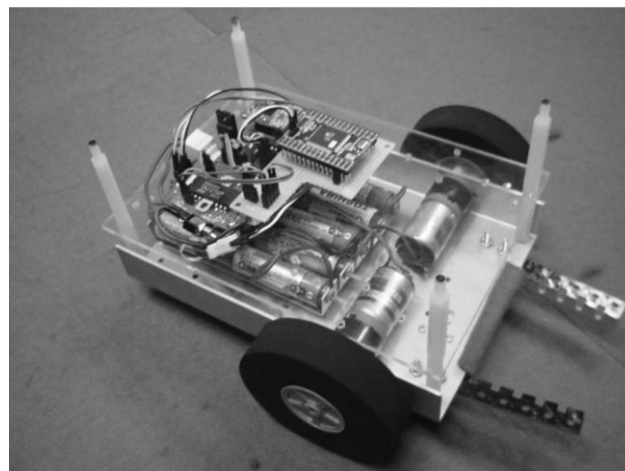


図 3 仕様変更後

2.2 MCU ATmega128

MCU として採用した ATmega128 は豊富な I/O を持った最大 16MHz の低消費 8Bit MCU である。独立した USART を二つ持ち、発振機も内蔵しているため PWM 制御やタイマー機能などを単体で実行することができ、シンプルで複雑な動作を行わせることができる。²⁾

プログラムは C 言語で構成され、Besttechnology 社の公開している GCC Developr Lite を用いて Windows OS のコンピュータ上で作成する。プログラムの内容は、TTL 形式のシリアル通信と PWM 制御の二つからなり、デューティ比の調整は戦略コンピュータから送られてきた情報を元に MCU 内部で計算する。

2.3 画像処理装置 IP7500EB

Vision Sensor である IP7500EB は、166MHz の CPU SH4 を搭載した Linux 互換のコンピュータである。プログラムは C 言語によって構成されており、クロス開発用コンピュータ上で作成・コンパイルされたプログラムを IP7500EB 上で実行する。戦略コンピュータとはイーサネットに接続され、10Base-T で UDP/IP 通信を行う。プログラムの構成は、画像処理プログラムと UDP/IP ソケットプログラムからなる。

2.4 戦略コンピュータ

戦略コンピュータは、3GHz の CPU Pen4 を搭載した Red Hat Linux OS のコンピュータである。MCU とは無線機を経由して 57600bps で RS-232C 通信を行う。プログラムは C 言語によって構成されており、作成やコンパイルもコンピュータ上で行う。また、IP7500EB のクロス開発用コンピュータでもある。プログラムの構成は、UDP/IP ソケットプログラムと戦略プログラム、RS-232C 通信プログラムからなる。戦略プログラムは画像処理によって得られた各マーカの座標からロボットごとの修正角度または移動距離を算出するように構成されている。

3. プログラムの構成

プログラムの構成図を図4に、フローチャートを図5に示す。

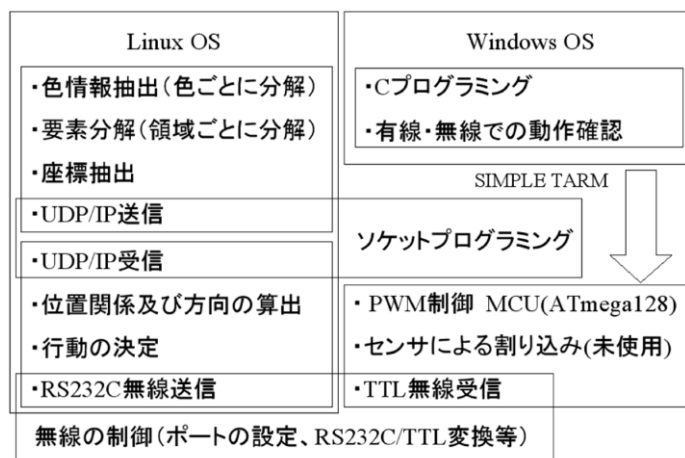


図4 プログラムの構成

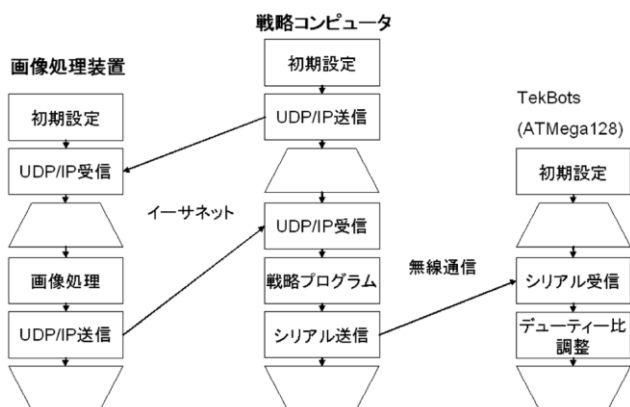


図5 フローチャート

画像処理は、あらかじめ設定された色を画面上から抽出しその座標を計算する。

戦略プログラムは、抽出された色が何であるかを分別し、それを元に何がどの場所に存在するかを判別する。今回はボールを赤、ロボットの位置識別するためのマーカを黄色、ロボットの方向を識別するためのマーカを青、人を肌色として設定しており、それ以外の色は認識しないようにしている。黄色と青色は大きさによって組み合わせを設定しており、同じ色が複数画面上に現れても分別することができるようにしている。次に、それぞれの位置関係から目標地点を設定し、目標地点とロボットの成す角によって直進か転進かを決定し、直進であれば目標地点との距離を、転進であれば目標地点との成す角を ATmega128 に送信する。直進か転進かを判別する基準は、成す角が取り付けられた腕にボールが入る角度にあるかどうかで設定している。図6

に行動判定アルゴリズムを示す。

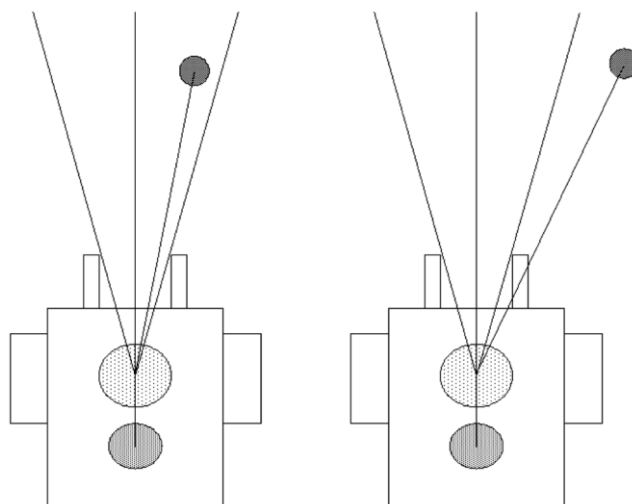


図6 前進(左)と転進(右)の判定

また転進の際、右転するか左転するかは成す角の差が正であるか負であるかによって決定する。デューティ比の調整は、受信した距離または角度によって決定する。距離か角度かは受信情報に記されており、距離だった場合両輪とも前転、角度で正の値なら左輪が後転で右輪が前転、角度で負の値なら左輪が前転で右輪が後転するように出力を設定した。回転速度は直進時に向かって右にあれば1:0.98、左にあれば0.98:1の比率で近づくほどに遅くなるように設定した。また、転進時には両輪とも同速で角度が小さくなれば遅くなるように設定した。

4. 実験方法と結果

4.1 NTSC カメラ

NTSC カメラにはパナソニック社製 WV-CP450 を使用し、レンズにはパナソニック社製 1/3 型 4.5mm 1:0.75 非球面レンズ WV-LA408C3 を使用した。床面(フィールドの高さを 0 [mm] としたとき)からの高さは約 2350 [mm] であり、撮影できる範囲は以下の式より求める。³⁾

$$\begin{aligned}
 W &= LH'/f \\
 H &= LV'/f
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

但し、W は幅、H は高さ、L は距離、f は焦点距離、H' は画面幅、V' は画面高さであり単位はすべて [mm] である。

計算すると、H=1880.0 W=2506.7 となり、実際に撮影される範囲はこの数値の9割程度であるので実質 H=1692.0、W=2256.0 である。さらに取り込まれた画像は高さを基準としてフレームサイズに切り取られるので、フレームサイズ W512:H440 より H=1692.0、W=1968.8 となる。この値は実測値である H=1700、W=2000 とほぼ一致する値である。この値をフレームサイズで割ると約 3.84 となり、1ドットの一辺は 3.84 [mm] 1ドットあたりの面

積は14.78 [mm²] となる。

4.2 プログラムの処理速度

ATmega128は、デューティ比の変更に割り込み処理を利用しており、その周期は約8 [ms] である。無線通信の情報は一時保持され、受信処理が行われるまで蓄積されていく。この受信処理も含めたすべての処理が割り込みの周期内で終了するので、MCUのサンプリング周期は8 [ms] となる。

画像処理プログラムと戦略プログラムはソケットプログラムを用いて情報を交換しているが、受信処理は受信を完了するまで待機状態になる特性がある。⁴⁾これにより二つのプログラムは同期しており、処理の遅いIP7500EBがすべての処理を終了して送信を完了するまでの時間が、二つのプログラムのサンプリング周期となる。この値は、5000回の処理を終了するまでの時間をストップウォッチを用いて測定した。結果は、両プログラムともにおよそ500[s]となり、サンプリング周期は100[ms]となる。この値は、マーカの数を3～8個の範囲に変化させてもほぼ同値となり、マーカの個数による影響は小さいものだと考えられる。

以上より、プログラム全体の周期は100 [ms] となる。

4.3 画像処理プログラム

対象の位置や明るさの度合いによって、面積にどれ位の影響が出るのかを検証した。カメラの直下を基準として、それよりも明るい場所(照明の直下)と暗い場所(陰になっている場所)を用意し、さらに距離がばらつくように全部で九箇所のデータを検出した。位置関係を図7に示す。検証するデータは、500回画像を解析して得られた面積の最大値、最小値、平均値と最後に得られた検出画像と処理画像である。マーカには黄色と青色の二種類を用い、どちらもサイズは4 [cm²] であり、正方形である。また、どちらも黒地の上に置かれている。このときの面積の計算値は108である。

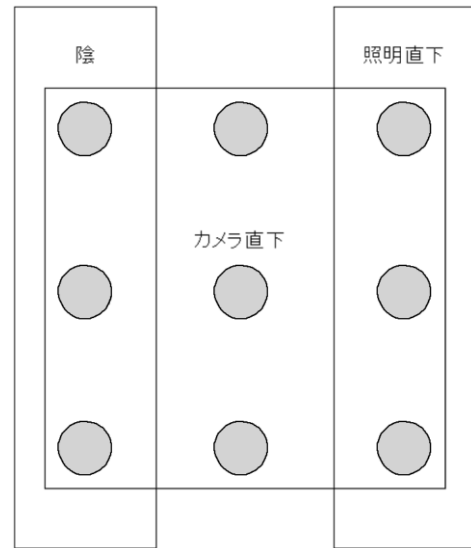


図7 位置関係

実験の結果を表1、及び表2に示す。

表1 実験結果 (黄色のマーカ)

x	y	Min	Max	avg
28.8	30.9	46	12	29
30.9	149.4	42	14	29
32.9	267.6	50	20	32
148.8	30.8	66	28	45
148.6	148.5	112	44	81
149.5	267.7	104	62	78
267.1	30.0	52	24	35
269.6	149.4	46	20	32
269.7	267.5	50	22	36

表2 実験結果 (青色のマーカ)

x	y	Min	max	avg
30.3	29.5	46	28	35
29.4	144.9	14	0	5
32.0	269.7	36	0	4
151.2	29.2	124	96	110
148.5	147.1	118	94	105
148.4	269.1	102	78	89
270.4	30.5	76	54	66
268.5	149.0	90	72	81
269.8	269.9	66	42	55

x, y は図7の左上を原点としたときの座標を示し、min は最小値、max は最大値、avg は平均値である。

どちらのマーカもカメラの直下で大きな値をとっているが、青色のマーカの最大面積を抽出したのは中心位置より

上側であった。どちらのマーカも暗い場所では非常に小さな値であり、暗くなると検出が困難になることがわかった。カメラからの距離に関しては、規則的な変化がないことから影響はほとんど無視できるものであると考えられる。実際の画像を図8と図9に示す。

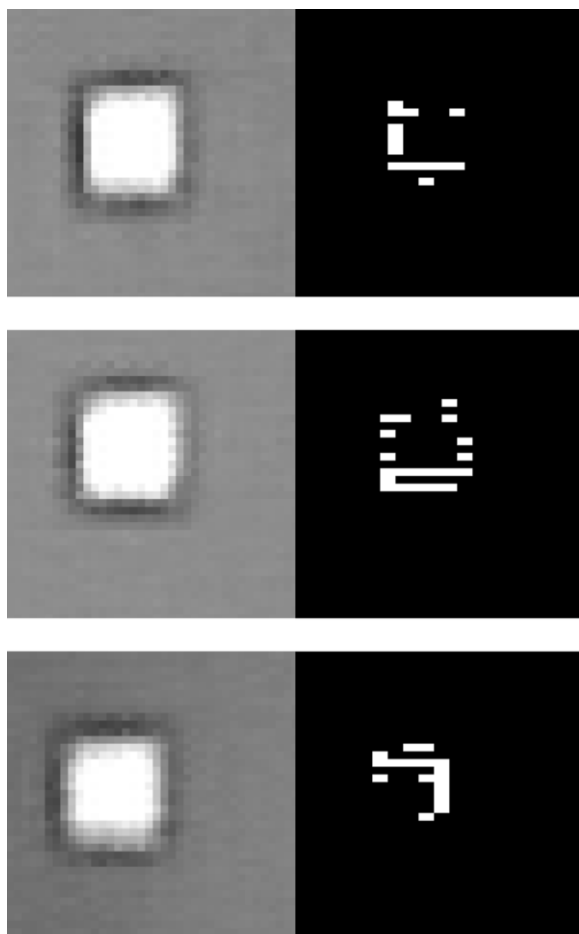


図8 黄色のマーカ (画面上の右下 [上段]
真ん中 [中段] 左上 [下段])

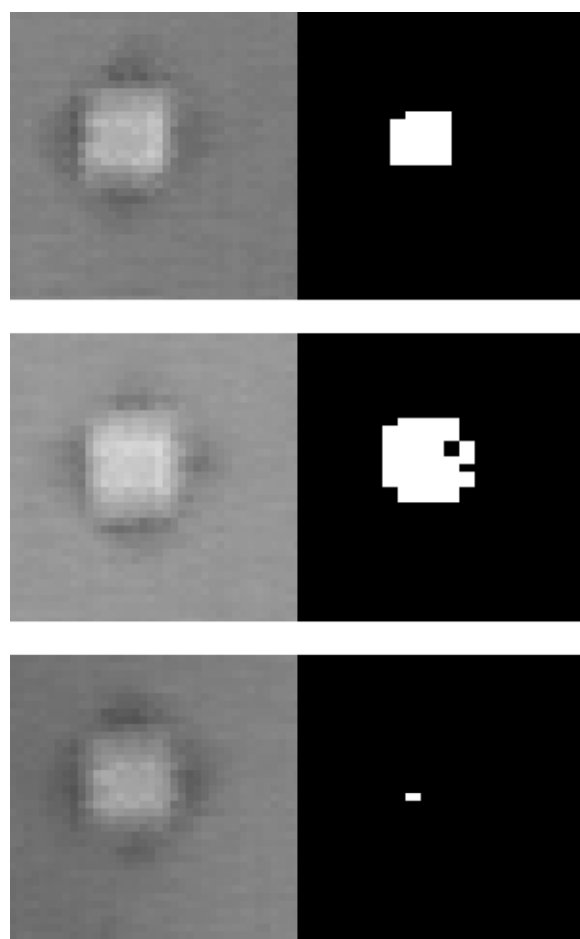


図9 青色のマーカ (画面上の右下 [上段]
真ん中 [中段] 左上 [下段])

画像はすべて、左側が検出画像で右側が処理画像である。検出画像より、位置による歪みはほとんど現れていないことがわかる。また、現在設定している抽出領域では、状況によってはほとんど検出できないこともあることがわかる。

5. 結論と考察

今回の実験で、MCU や画像処理装置、戦略コンピュータの性能は、MCU の周期が 8 [ms] であるのに対し画像処理コンピュータの周期が 100 [ms] しかないので十分ではないと言える。処理能力を 10 倍程度上昇させることが望ましいが、独自のライブラリによって動作するコンピュータであるためプログラムの書き換えによって改善することは難しく、CPU のクロック周波数を 10 倍の 1.66 [GHz] に変更するなどの物理的な解決方法を検討中である。また、画像処理が不安定であり、色領域の設定などに不備があることもわかった。現在、抽出した画像に対して 4 連結膨張処理を行うことで、マーカ内に見られる隙間を埋めるとともにマーカを丸型に整形する処理を施すことで抽出の斑を抑えることを試みているが、十分とは言えず、今後の大きな課

題となっている。

現在、このシステムを使って障害物のない場所で目標物を所定の場所に移動させることに成功している。実験では、ゴルフボールを中心ないし手のある場所に移動させるプログラムが完成しているが、マーカの識別はできているものの複数台での協調動作や障害物の回避等に関してはまだ成功していない。

今後は、画像処理の精度の上昇と協調動作等の複雑な処理が課題となる。

参考文献

- 1) R. Traylor, D. Heer, T. Fiez: “Using an Integrated Platform for Learning™ to Reinvent Engineering Education”, IEEE Trans. On Education, vol.46, No. 4, p 409-419, (2003)
- 2) 山根彰：AVR マイコン・リファレンス・ブック, CQ 出版社, p95-189, (2006)
- 3) サイト名：CCD カメラ用レンズの焦点距離と被写体及び画角の関係
アドレス：<http://www.bouhancamera.net/basicknowledge/lens/index.htm>
- 4) Donahoo, Michael J, Calvert, Kenneth L, 小高知宏：TCP/IP ソケットプログラミング C 言語編, オーム社, p62-63, (2003)